DIE

KERNTHEILUNG

VON

EUGLENA VIRIDIS EHRENBERG.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

ZU

ROSTOCK

VORGELEGT VON

JACOB KEUTEN

APPROB. THIERARZT AUS NEUSS AM RHEIN

MIT EINER TAFEL.

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN

1895.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0036

DIE

KERNTHEILUNG

VON

EUGLENA VIRIDIS EHRENBERG.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

ZU

ROSTOCK

VORGELEGT VON

JACOB KEUTEN

APPROB. THIERARZT AUS NEUSS AM RHEIN.

MIT EINER TAFEL.

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN

1895.

Referent: Professor Dr. Blochmann.

(Separat-Abdruck aus: Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. LX. 2. Heft.)

Der Vorgang der Kerntheilung ist während der letzten Decennien in ganz besonderer Weise der Gegenstand zahlreicher eingehender Untersuchungen gewesen. Mit Hilfe zeitgemäß verbesserter optischer und technischer Apparate und mühsam ausgeprobter Fixirungs- und Färbemethoden, hat man bei den verschiedensten Thieren und Pflanzen die komplicirten Umwandlungen, welche der Zellkern bei dem Theilungsprocesse erfährt, näher kennen gelernt. Das Ergebnis der Forschung lehrt, dass das Vorkommen der amitotischen Kerntheilung, der Vermehrung des Zellkernes durch einfache Zerschnürung viel enger begrenzt ist, als man früher anzunehmen geneigt war. Die indirekte, mitotische Kernvermehrung gewinnt dagegen von Tag zu Tag an Bedeutung und Ausdehnung. Selbst für die einzelligen Thiere, die Protozoen, kann die direkte Kerntheilung nicht mehr als vorherrschend angesehen werden. So hat Schewiakoff (36) bei Euglypha alveolata, einer Süßwasserrhizopode, alle typischen Phasen der mitotischen Kerntheilung beobachten können. Nach R. Hertwig (22) und Brauer (8) geht bei Actinosphaerium Eichh. die Theilung des Kernes ebenfalls auf indirektem Wege vor sich. Für den Theilungsprocess der Mikronuclei der Infusorien liegen nach den zahlreichen Untersuchungen Bütschli's (9) die typischen Stadien so klar vor, dass nach dem Ausspruch desselben Autors (11, p. 1532) kein Zweifel an der indirekten Theilung der Nebenkerne bestehen kann. Bei Paramäcien hat R. Hertwig (23) den Theilungsvorgang des Mikronucleus nochmals verfolgt. Den gleichen Vorgang hat auch Maupas (32) an den verschiedensten Infusorien beobachtet. Die Karyokinese ist von R. Hertwig (21) für den Makronucleus der

Spirochona gemmipara und von Pfitzner (33) für die Kerne der Opalina ranarum festgestellt worden. Die mitotische Kerntheilung wurde ferner bei einer Reihe von Mastigophoren konstatirt, so bei Codosiga botrytis von Fisch (14), bei Polytoma uvella und Monas vivipara von Blochmann (4), bei Ceratium hirundinella von Blanc (2) und fast gleichzeitig von Zacharias (37), bei Noctiluca miliaris von Ishikawa (25, 26). Im Gegensatz zu Blanc und Zacharias (l. c.), welche die Kerntheilung bei Ceratium hirundinella auf dem gewöhnlichen mitotischen Wege vor sich gehen lassen, hat Lauterborn nach einer brieflichen Mittheilung an Herrn Professor Dr. Blochmann, die Letzterer mir gütigst zur Verwerthung überlassen hat, gefunden, dass die Kerntheilung hier der Theilung des Makronucleus der Ciliaten gleicht. Blochmann (3) hält es nach seinen Beobachtungen für wahrscheinlich, dass sich auch bei Oxyrrhis marina der Kern indirekt theilt. Auf Grund einiger zufällig beobachteter Kernfiguren bei Euglena vermuthet Bütschli (10), dass sich auch hier der Kern auf mitotischem Wege vermehrt.

Die Anregung, die Kerntheilungsverhältnisse bei Euglena einer näheren Untersuchung zu unterziehen, verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Blochmann, dem ich für die Unterstützung, welche er mir bei dieser Arbeit in jeder Hinsicht in der zuvorkommendsten Weise hat zu Theil werden lassen, auch an dieser Stelle meinen innigsten Dank abstatte.

Die Beschaffung genügenden Untersuchungsmaterials bot selbst bei vorgeschrittener Jahreszeit keine besondere Schwierigkeit. Im December des Jahres 1893 fand ich in der Nähe der Stadt einen Tümpel mit deutlich grün aussehendem Wasser. Gleich die erste Probe, die ich diesem Tümpel entnahm, enthielt in ungezählter Menge freibewegliche Exemplare der Euglena viridis suspendirt. Die Steine, Porzellanscherben u. dgl., welche den Boden des seichten Tümpels bedeckten, waren von einer tiefgrünen Schicht Euglenen überzogen. Bei der Gewinnung des Untersuchungsmaterials habe ich besonders diese Überzüge bevorzugt, weil ich durch Abspülen derselben in möglichst wenig Wasser möglichst viele Euglenen erhalten konnte. Während es an Material selbst nicht mangelte, war die Untersuchung mit mannigfachen Schwierigkeiten verknüpft. Einerseits machte der große Gehalt der Euglenen an Chlorophyll eine Extraktion desselben nöthig, andererseits erschwerten bei Färbungen mit nicht exquisiten Kernfärbemitteln die sich ebenfalls färbenden zahlreichen Chromatophoren das genauere Studium der Kernverhältnisse. Der Reichthum an stark lichtbrechenden Paramylumkörnern schloss eine eventuell gewünschte Untersuchung in Wasser fast gänzlich aus. Die frei beweglichen Euglenen als solche

unter dem Deckglase zu fixiren und zu färben war ein mühseliges Beginnen, das zudem in Bezug auf Kerntheilung ganz ergebnislos blieb. Es zeigte sich nun bald, dass die Euglenen in den Gläsern, in welchen ich das die fraglichen Organismen in Menge enthaltende Wasser aufbewahrte, an die Oberfläche stiegen und eine grüne Schicht auf dem Wasser bildeten. Diese Anfangs leicht zerstörbare Schicht nimmt nach 24 Stunden ein so festes Gefüge an, dass man dieser Haut mit dem Spatel Stücke entnehmen kann, die bei einiger Vorsicht als Ganzes weiter behandelt werden können. Die Bildung dieser Häute wird dadurch bedingt, dass die Schleimhüllen, welche die ruhenden Euglenen ausscheiden, unter einander verschmelzen. Klebs (28) und auch Bütschli (10) erwähnen speciell für Euglena viridis »die Bildung von zusammenhängenden Häuten, welche in dichter Zusammendrängung Massen ruhender Euglenen umschließen«. In diesem Ruhezustande fehlt die Geißel, dabei hat der metabolische, meist gestreckte Leib von Euglena viridis eine mehr kugelige Form angenommen. Bei der mikroskopischen Untersuchung dieser ruhenden Euglenen konnte ich an gefärbten Präparaten feststellen, dass in einigen Individuen zwei Kerne vorhanden waren. Obgleich ich mich auf dem richtigen Wege glaubte, wollte es mir Anfangs nicht gelingen, irgend ein Stadium der eigentlichen Kerntheilung nachzuweisen. Nach diesem Misserfolge musste an die Möglichkeit gedacht werden, dass die Kerntheilung des Nachts ablaufe, zumal auch Klebs (28) angiebt, dass die Theilung der Euglenaceen vorzugsweise des Nachts vor sich gehe. Ich ging in Folge dessen mehr systematisch vor. Um ganz sicher zu sein, entnahm ich während 24 Stunden den oben beschriebenen Häuten stündlich eine Probe. Jede Probe wurde für sich gleich nach der Entnahme konservirt und nachträglich einer genauen Untersuchung unterzogen. In den Proben, die während des Tages entnommen waren, konnte ich auch dieses Mal nichts nachweisen, das auf eine Vorbereitung zur Kerntheilung hätte schließen lassen. Anders verhielt es sich mit den Proben, die nach Eintritt der Dunkelheit entnommen waren. An gefärbten Präparaten konnte ich hier bald deutlich verschiedene Phasen der Kerntheilung unterscheiden. Den untrüglichen Einfluss der Nacht auf die Kerntheilung bei Euglena konnte ich im Verlaufe meiner Untersuchung genau verfolgen. In den kurzen Tagen des December und Januar traten die ersten Stadien der Kerntheilung früher auf, dem entsprechend war auch der Höhepunkt der Kerntheilung eher erreicht als in den folgenden Monaten, in denen es länger hell bleibt. Nach meinen vergleichenden Beobachtungen glaube ich feststellen zu können, dass die Periode, in welcher die Kerntheilung vor sich geht, etwa 2 Stunden

nach Eintritt der Dunkelheit beginnt und etwa 5 Stunden später ihr Ende erreicht.

Bemerken will ich noch, dass die Gläser mit dem Euglenen-haltigen Wasser im ungeheizten Zimmer und zwar direkt an den Fenstern der Südseite gestanden haben. Die Gläser waren mit einer Glasscheibe bedeckt und, um die Ansammlung der chlorophyllreichen Organismen an der Oberfläche zu unterstützen, bis zur Oberfläche des Wassers mit dunklem Papier umwickelt. Da mir reichliches Material zur Verfügung stand, habe ich eigentliche Kulturen nicht angelegt. Um möglichst gesunde und normale Euglenen zu untersuchen, habe ich mein Untersuchungsmaterial 24 bis 48 Stunden nach dem jedesmaligen Einholen des Wassers konservirt. Diese Vorsicht ist geboten, weil bei längerem Verweilen der Euglenen in den Gläsern manche Kerne eine unten näher zu beschreibende, offenbar pathologische Veränderung eingehen. In 8 Tagen waren in meinen Gläsern die meisten Euglenen abgestorben.

Einige Bemerkungen über die Behandlung des Materials will ich vorwegschicken. Zur Fixirung der Euglenen habe ich koncentrirte Sublimatlösung, Platinchlorid-Osmium-Essigsäure (1%iges Platinchlorid 45,0, 1%ige Osmiumsäure 3,0, Eisessig 1,5) und Pikrin-Osmium-Essigsäure (koncentr. Pikrinsäure 33,0, 1%ige Osmiumsäure 2,0, Eisessig 1,0, dest. Wasser 66,0) verwandt. Die Einwirkungsdauer dieser Lösungen auf die dünnen Euglenenhäute betrug 5—15 Minuten. Das Sublimat bewährte sich hier weniger gut; es schien die Chromosomen quellen zu machen, die Bilder ließen daher an Schärfe zu wünschen übrig. Das Platinchlorid-Gemisch (Hermann'sche Lösung) zeigte sich als ein sehr gutes Fixirungsmittel. Das Gemisch von Pikrin-Osmium-Essigsäure war mir besonders werthvoll; einerseits erhält es die Kernstruktur sehr gut, andererseits bringt es das Chlorophyll schnell zum Schwinden. Letztere Eigenschaft kommt bei den chlorophyllreichen Euglenen wesentlich mit in Betracht. Von der Benutzung des Flemming'schen Gemisches musste ich bald abstehen, weil das so behandelte Material selbst bei längerem Liegen in Alkohol fast kein Chlorophyll abgab. Wesentlich wurde die Untersuchung der mikroskopisch kleinen Organismen — der Durchmesser der ruhenden Euglena viridis beträgt 15—30 μ — durch die oben erwähnte Häutebildung erleichtert, da es mir auf diese Weise ermöglicht wurde, das Untersuchungsmaterial in Paraffin einzubetten und in Schnitte von 5 μ Dicke zu zerlegen. Die Schnitte wurden nach der bekannten Wassermethode aufgeklebt.

Der Kern der Euglena viridis liegt, während das Thier die lang gestreckte frei bewegliche Gestalt besitzt, in der Nähe des hinteren Endes (Fig. 1). Die Form des Kernes ist hierbei stumpf eiförmig, sein größerer

Durchmesser liegt in der Längsachse des Thieres. In der Mitte des Kernes liegt ein Körper von fast gleicher Gestalt wie der Kern, dem man bisher die Bezeichnung Nucleolus beigelegt hat. Dieser Körper färbt sich sehr leicht; mit Orange-G. färbt er sich intensiv orangegelb, mit Karminlösungen sogar intensiver als die chromatische Substanz des Kernes (Fig. 15—18), seine Färbbarkeit mit Hämatoxylin ist dagegen sehr schwach. Doppelfärbungen des Kernes mit Orange-G.-Hämatoxylin geben sehr schöne und instruktive Bilder. Wenn der fragliche Körper zunächst auch durch seine Lage, seine Größe und sein Verhalten gegen Farbstoffe an einen gewöhnlichen Nucleolus erinnert, so spielt er doch in der Kerntheilung der Euglena eine Rolle, die ihm die Bedeutung eines aktiven Theilungsorgans giebt. Aus diesem Grunde werde ich das fragliche Gebilde »Nucleolo-Centrosoma« nennen. Die chromatische Substanz ist sehr reich im Kern vertreten. Das Chromatin ist aber nicht, wie man es gewöhnlich im ruhenden Kern findet, in Gestalt von Körnchen unregelmäßig im Kernraum zerstreut, sondern es stellt von vorn herein stäbchenförmige Gebilde dar, welche leicht gebogen, radial zu dem central gelegenen Nucleolo-Centrosom gerichtet sind. Die Chromosomen sind überaus zahlreich, dabei so dicht an einander gelagert, dass ich bei der Kleinheit des Objektes nicht im Stande bin, auch nur annähernd ihre Zahl anzugeben. Eine Differenzirung innerhalb des einzelnen Chromosoms in chromatinreichere und -ärmere Partien konnte ich nicht nachweisen. Das einzelne Chromosom zeigte sich vielmehr bei den verschiedensten Färbemethoden ganz gleichmäßig gefärbt. Dass eben so wie in anderen Fällen zarte Lininfäden die Chromosomen unter einander verbinden, scheint wahrscheinlich zu sein, ließ sich jedoch nicht mit der wünschenswerthen Sicherheit feststellen. Schwer ist es sowohl am unveränderten Kern als auch in den ersten Stadien der Theilung eine Kernmembran nachzuweisen. Ohne Zweifel ist aber eine solche vorhanden, sie hebt sich Anfangs nur nicht ab, weil die Menge der Chromosomen den Kernraum dicht erfüllt. In späteren Stadien, in denen die Chromosomen eine Umlagerung erfahren haben, tritt die Kernmembran dagegen ganz klar zu Tage.

In den ruhenden, kugelig abgerundeten Euglenen zeigt der Kern zunächst noch das eben beschriebene Bild (Fig. 2). Bei der Vorbereitung zum Theilungsprocesse scheint der erst mehr peripherisch gelegene Kern regelmäßig in eine mehr centrale Lage überzugehen. In den folgenden Phasen der Kerntheilung nimmt das Nucleolo-Centrosom wegen seines eigenartigen Verhaltens ganz besonders unsere Aufmerksamkeit in Anspruch. Die beginnende Kerntheilung dokumentirt sich am auffälligsten dadurch, dass das Nucleolo-Centrosom eine Streckung

erfährt. Fig. 3 stellt ein Stadium dar, in dem das gestreckte Nucleolo-Centrosom die ganze Länge des Kernes einnimmt. Dasselbe erscheint hier als gleichmäßig gefärbtes Stäbchen, dessen stumpfe Enden kaum merklich verdickt sind. Die Chromosomen scheinen etwas an Länge zugenommen zu haben, dabei hat auch ihre Richtung eine Änderung erfahren. Während die Segmente bisher eine annähernd senkrechte Richtung zur Oberfläche des Nucleolo-Centrosoms eingenommen hatten, bilden sie jetzt einen spitzen Winkel mit demselben (Fig. 3). Sie bekunden das Bestreben sich parallel zum Nucleolo-Centrosom zu gruppiren, wie es in Fig. 4 bereits eingetreten ist. In der Folge schwellen die Enden des Nucleolo-Centrosoms kolbenartig an, während das verbindende Mittelstück im Durchmesser etwas abnimmt. Das bis dahin stäbchenförmige Nucleolo-Centrosom nimmt allmählich die Gestalt einer Sanduhr und später einer Hantel an (Fig. 5). Auf diesem und auf allen späteren Stadien lassen die Präparate, welche nach M. Heidenhain (18) mit Bordeaux R. vorgefärbt und nachher mit Eisenammoniumalaun-Hämatoxylin behandelt sind, am Nucleolo-Centrosom eine deutliche Differenzirung erkennen, die beim ersten Blick auffällt. Während das Nucleolo-Centrosom bisher nach demselben Färbeprocesse gleichmäßig schwarz gefärbt wurde, wie Fig. 3 zeigt, hat jetzt (Fig. 5) das dünnere Mittelstück statt der schwarzen Farbe einen grauröthlichen Farbenton angenommen, wogegen die beiden verdickten Endstücke schwärzer gefärbt sind als zuvor. Der Übergang vom Mittelstück zu den Endstücken ist sehr scharf, sowohl was die äußere Gestalt, als auch den Unterschied in der Färbung anbelangt. Eine derartige Differenzirung gelingt nicht nach Eisenalaun-Hämatoxylin (M. Heidenhain, 17) ohne Vorfärbung mit Bordeaux-R., eben so nicht nach Färbung mit dem Ehrlich-Biondi'schen Gemisch oder mit Orange-Hämatoxylin (Delafield), nur nach Safranin-Färbung ist ein Unterschied zwischen dem Mittelstück und den Endstücken bemerkbar, der allerdings nicht so deutlich ist wie bei der Bordeaux-Eisen-Hämatoxylin-Methode. Nach Safranin färben sich die Endstücke im Verhältnis zum Mittelstück auffallend dunkler roth. In der folgenden Phase rücken die parallel zum Nucleolo-Centrosom gelagerten Chromosomen von beiden Polenden her nach dem Äquator zu, so dass die Enden des Nucleolo-Centrosoms nunmehr frei in die Kernhöhle hineinragen, während die Chromosomen als breite äquatoriale Zone das Mittelstück des Nucleolo-Centrosoms umgeben (Fig. 6). In dem weiteren Verlaufe der Kerntheilung geht die kugelige oder in der Richtung des Nucleolo-Centrosoms etwas ausgezogene Form des Kernes in ein Rotationsellipsoid über, dessen kurze Achse vom Nucleolo-Centrosom gebildet wird (Fig. 8). Analog dem Vorgange bei der

gewöhnlichen mitotischen Theilung geht auf diesem Stadium auch bei Euglena eine Längsspaltung der Chromosomen vor sich. Der Nachweis der Spaltung ist nicht immer leicht, es sind besonders günstig getroffene Schnitte dazu erforderlich. Auf Präparaten, in denen der Kern nur oberflächlich angeschnitten ist und die Untersuchung durch Übereinanderliegen der Chromosomen nicht erschwert wird, erkennt man deutlich, dass die Chromosomen im entsprechenden Stadium der Länge nach gespalten sind. Fig. 7 veranschaulicht einen solchen Schnitt, in welchem fünf Chromosomen resp. Stücke solcher eine deutliche Längsspaltung erkennen lassen. Fig. 7 dürfte einem gleichen oder etwas früheren Stadium angehören wie Fig. 8; dafür spricht die Größe und die Gestalt des Kernes, der eben so wie in Fig. 8 in der Richtung der Chromosomen einen geringeren Durchmesser aufweist als in der Richtung von links nach rechts der Figur. Durch den Nachweis der Längsspaltung der Chromosomen ist auch die Trennung derselben in Tochtersegmente als gesichert anzusehen. Das Stadium, welches in Fig. 8 wiedergegeben ist, lässt schon dadurch, dass die Chromosomen im Gegensatz zu ihrer bisherigen mehr regelmäßigen Anordnung jetzt mehr wirr durch einander liegen und manche sogar schleifenförmig gebogen sind, vermuthen, dass es sich hier um Trennung und Umlagerung der Tochtersegmente handelt, zumal das Vorkommen einer Längsspaltung derselben sicher erwiesen ist. Außerdem ist bei genauerem Zusehen ein Unterschied im Dickendurchmesser verschiedener Chromosomen bemerkbar, von denen die dickeren wohl als Muttersegmente, die dünneren als Tochtersegmente aufzufassen sind. Wenn auch in Fig. 8 die Spaltung der dickeren Chromosomen nicht angedeutet ist, so ist dies bei dem schwierigen Nachweis nicht so sehr ins Gewicht fallend. Das Nucleolo-Centrosom zeigt in dem Stadium der Fig. 8 zum ersten Male in jedem Endstücke etwa drei bis fünf Vacuolen, die besonders nach Behandlung mit Eisenalaun-Hämatoxylin ohne Vorfärbung mit Bordeaux-R. sichtbar werden. Diese Vacuolen lassen sich von jetzt ab bis zur vollständigen Theilung des Nucleolo-Centrosoms regelmäßig nachweisen. Die Gestalt des Kernes wechselt in der nächsten Phase der Theilung wieder, indem die bisher kürzere Achse des Ellipsoids zur Längsachse auswächst. Bedingt wird diese Gestaltsveränderung durch Vorgänge, welche sich im Inneren des Kernes abspielen. Das Nucleolo-Centrosom, speciell sein Mittelstück, beginnt jetzt stark in die Länge zu wachsen. Während dieses Längenwachsthums nimmt das Mittelstück etwas an Dicke ab, behält aber im Übrigen seine gleichmäßige Struktur bei; die Endstücke des Nucleolo-Centrosoms bleiben im Wesentlichen unverändert, sie setzen sich nur noch etwas schärfer

ab als bisher. Gleichzeitig mit der Streckung des Nucleolo-Centrosoms setzen sich auch die Chromosomen in Bewegung, sie verlassen ihre äquatoriale Lage und gehen aus einander, indem der eine Theil dem einen, der andere Theil dem entgegengesetzten Ende des Nucleolo-Centrosoms zustrebt. In Fig. 9 liegt die Längsachse des Kernes in der Richtung des Nucleolo-Centrosoms, das schon eine Längenzunahme aufweist, die Schleifen der Chromosomen sind flacher als auf dem vorhergehenden Stadium, die Chromosomen selbst beginnen aus einander zu weichen. Fig. 10 stellt ein noch weiter vorgeschrittenes Stadium dar, in welchem das Mittelstück des Nucleolo-Centrosoms bereits bedeutend verlängert ist und leicht gekrümmt erscheint; die nur noch schwach gebogenen Chromosomen sind schon so weit nach den Polen aus einander gerückt, dass die äquatoriale Zone fast frei ist. In der Fig. 11 sind die Endstücke des Nucleolo-Centrosoms von den Chromosomen schon erreicht und theilweise von ihnen eingeschlossen. Das verbindende Mittelstück ist eben noch als sehr feine Linie zu erkennen. Gegen das Ende der Kerntheilung umgeben die Chromosomen je ein Endstück des Nucleolo-Centrosoms allseitig, dessen Mittelstück in der Mitte reißt und wahrscheinlich in die nunmehr als Tochternucleolo-Centrosomen erscheinenden Endstücke eingezogen wird. Schnürt sich schließlich der Kern, der allem Anscheine nach während des ganzen Theilungsvorganges seine Membran behält, in der Mitte noch durch, so haben wir zwei Kerne mit je einem Nucleolo-Centrosom in einer Euglena, wie es Fig. 12 zeigt. Denselben Modus der Kertheilung hat Blochmann (5) auch bei Euglena velata und Trachelomonas volvocina beobachtet. Dadurch, dass sich das Mutterthier senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Tochterkerne theilt, entstehen zwei Tochterindividuen mit je einem Kern, die den Charakter von ruhenden Euglenen haben und zunächst noch von einer gemeinsamen Schleimhülle umgeben sind (Fig. 13). Viele Mühe habe ich mir gegeben um achromatische Fasern und Polkörperchen bei Euglena nachzuweisen. Die verschiedensten einschlägigen Tinktionsmittel habe ich ohne Erfolg angewandt. Auch Eisenalaun-Hämatoxylin, mit welchen ich zur Kontrolle Lungenepithelien von Salamanderlarven behandelt habe und sämmtliche achromatische Fasern sowie die Polkörperchen mit ihrer Strahlung prachtvoll zur Darstellung bringen konnte, haben mich bei Euglena im Stich gelassen.

Wiewohl mir der sichere Nachweis von achromatischen Fasern nicht gelungen ist, will ich nicht unerwähnt lassen, dass ich in verschiedenen Phasen der Kerntheilung innerhalb der Kernmembran feinste ungefärbte Fäserchen beobachtet habe, ohne ihren Verlauf

sicher feststellen und ihre wahre Bedeutung ergründen zu können. Derartige Fädchen habe ich öfter vom Nucleolo-Centrosom ruhender Kerne ausgehen sehen. In Fig. 14 entspringen vom Nucleolo-Centrosom drei solcher Fäserchen, die nur auf eine kurze Strecke zu verfolgen sind. In Fig. 7 ziehen rechts unten vier äußerst feine Fäserchen scheinbar von der Kernmembran aus nach den Chromosomen hin; dass hier eine Verbindung mit den Chromosomen statthat, kann ich nicht mit Sicherheit behaupten. Auf einem späteren Stadium, in dem die Tochtersegmente schon polwärts aus einander gerückt waren, glaubte ich bei einer unzertheilten Euglena innerhalb der von Chromosomen freien äquatorialen Zone feinste Fäserchen zu erkennen, die mit dem Nucleolo-Centrosom parallel verliefen.

Die Beobachtung der beiden zuletzt erwähnten Arten von Fäserchen ist so selten, und der Verlauf derselben bei ihrer Feinheit so schwer aufzuklären, dass ich es vor der Hand nicht wage diesen Gebilden eine bestimmte Deutung zu geben.

Centrosomen resp. Polkörperchen habe ich ebenfalls niemals nachweisen können. Nach Färbung mit Kerntinktionsmitteln fallen im Protoplasma Körnchen auf, die in der Einzahl oder, wie es meist der Fall ist, zu zweien vorhanden sind und sich besonders durch einen hellen Hof auszeichnen. Nach Hämatoxylinfärbung sind die Körnchen, weil das Plasma etwas mitgefärbt ist, weniger deutlich; nach Behandlung mit Alaunkarmin und besonders mit Pikrokarmin tritt das intensiv gefärbte Körnchen mit dem umgebenden Hofe sehr deutlich hervor. In Fig. 15 und 16 ist nur je ein solches Körnchen zu sehen; in Fig. 17 sind zwei Körnchen, wahrscheinlich ein Theilungsprodukt, von einem gemeinsamen Hofe umgeben; Fig. 18 weist zwei Körnchen mit je einem Hofe auf. Wie sehr diese Erscheinung — centrales Korn mit hellem Hof — an ein Centrosom erinnern mag, habe ich mich doch nicht zu einer derartigen Auffassung verstehen können. Die fraglichen Körnchen liegen, wie auch die Figuren zeigen, sehr oft bedeutend weiter vom Kern weg als dies für ein Centrosoma der Fall zu sein pflegt. Auch habe ich niemals gesehen, dass der Kern etwa eine Einbuchtung gezeigt hätte, wenn ein fragliches Körnchen in seiner Nähe lag. Wie weit ein derartiges Körnchen vom Kern weg liegen kann, zeigt wohl am besten Fig. 16. Schon eine so weit vom ruhenden Kern entfernte Lage des Körnchen lässt eine Deutung desselben als Centrosoma mehr als fraglich erscheinen. Während der Kerntheilung ist die Lage der Körnchen ebenfalls eine ganz unbestimmte, wenn sie auch durch das Heranwachsen des Kernes diesem im Allgemeinen näher liegen als sonst. In verschiedenen Stadien der Kerntheilung habe ich die fraglichen

Körnchen dicht der Kernmembran anliegen sehen; selbst in unmittelbarer Nähe eines Kernpoles konnte ich bisweilen ein Körnchen nachweisen. Niemals aber habe ich gleichzeitig an beiden Polen des Kernes Körnchen gefunden, wie ich überhaupt irgend eine Beziehung der fraglichen Körnchen zu der Karyokinese von Euglena nicht habe feststellen können und auch nicht für wahrscheinlich halte. Bei der Rolle, welche in unserem Falle das Nucleolo-Centrosom bei der Kerntheilung spielt, dürfte wohl die Thätigkeit eines außerhalb des Kernes gelegenen Centrosoms überflüssig sein.

In Folge der Besprechung von Blochmann's Mittheilung »Über die Kerntheilung bei Euglena« (5) durch Lauterborn im »Zoologischen Centralblatt« (30) habe ich, da der Hinweis des letzteren auf die Arbeit Bütschli's »Über den Bau der Bakterien etc.« (12) eine Annahme der Identität unserer Körnchen mit den sog. »rothen Körnchen« Bütschli's vermuthen lässt, die Körnchen auch in dieser Hinsicht näher untersucht. Die Untersuchung hat ergeben, dass unsere Körnchen nicht mit den von Bütschli (12) im Protoplasma der Euglenen gefundenen »rothen Körnchen« übereinstimmen, da unsere Körnchen sich mit Delafield-schem Hämatoxylin und eben so mit Jodalkohol-Hämatoxylin nicht roth oder rothviolett sondern blau färben. Im Kern selbst habe ich eben so niemals rothe Körnchen gefunden, wie es Bütschli (12) angiebt und in einem scheinbar ganz normalen Kern von Euglena viridis abbildet.

Auch habe ich eine Färbung der lebenden Euglenen mit Methylenblau versucht. Lauterborn (29) konnte durch Lebendfärbung von Diatomeen mit Methylenblau die Kerne rein blau und eben dieselben Körnchen rothviolett färben, welche in abgetödteten Diatomeen mit Hämatoxylin die gleiche rothviolette Farbe annahmen. In Euglenen, die mehrere Tage in stark verdünnter Methylenblaulösung kultivirt worden waren, war bisweilen nur ein winzig kleines Körnchen im Protoplasma blau gefärbt, während alles Andere einschließlich des Kernes vollständig ungefärbt blieb. Waren die Euglenen in der Farblösung dem Absterben nahe, so konnte man viele blau gefärbte Körnchen von sehr schwankender Größe im Protoplasma nachweisen. In der Farblösung abgestorbene Euglenen hatten einen blau gefärbten Kern und blau gefärbtes Plasma, in dem die vorhin erwähnten Körnchen noch zu unterscheiden waren. Es lassen sich mithin auch diese Körnchen der Euglenen nicht mit den von Lauterborn (29) im Protoplasma der Diatomeen beobachteten »rothen Körnchen« in Vergleich ziehen, wie denn auch der Kern der lebenden Euglenen im Gegensatz zu dem der Diatomeen gegen Methylenblau ein ganz indifferentes Verhalten zeigt.

Übersehen wir den Kerntheilungsprocess von Euglena, so müssen wir ihn ohne Zweifel als mitotischen bezeichnen. Die Koncentrirung der chromatischen Substanz zu Fäden, die Wanderung der Fäden nach dem Äquator hin, die Längsspaltung der Chromosomen, das nachfolgende Auseinanderweichen der Tochterchromosomen und die Vertheilung derselben auf zwei Hälften sind charakteristische Merkmale der indirekten Theilung. Daneben bietet aber die Kernvermehrung von Euglena höchst merkwürdige Abweichungen von der gewöhnlichen Art und Weise der mitotischen Theilung. Während für gewöhnlich in ruhenden Kernen die chromatische Substanz äußerst fein vertheilt ist und erst als Vorbereitung zur Kerntheilung sich zu Fäden konsolidirt, kommt bei Euglena die chromatische Substanz nur in Gestalt von Fäden vor. Eine sehr beachtenswerthe Rolle spielt das Nucleolo-Centrosoma. Als axialer Stab, um den herum die Chromosomen je nach den verschiedenen Phasen in verschiedener Anordnung sich gruppiren, ist das Nucleolo-Centrosoma von vorn herein bestimmend für die künftige Richtung der Kerntheilung, und indem es auf die Bewegung der Chromosomen richtend wirkt, beherrscht es den ganzen Kerntheilungsvorgang.

Da der hier geschilderte Modus der Kerntheilung besonders durch die Eigenart des Nucleolo-Centrosoms geradezu isolirt dasteht, so finden wir in der reichen Litteratur über Kerntheilung nur wenige Kerntheilungsformen, die in gewisser Beziehung mit der von Euglena dargestellten verglichen werden können und dadurch geeignet sind, uns einen wenn auch nur geringen Anhalt in der Beurtheilung des Nucleolo-Centrosoms zu gewähren.

Die Karyokinese der Euglena als eine einfache Zwischenstufe der direkten und indirekten Kerntheilung aufzufassen, weil die chromatische Substanz ein mitotisches Verhalten zeigt, die Persistenz und Theilung des als Nucleolus angesprochenen Körpers aber an die direkte Kerntheilung erinnert, dürfte dem thatsächlichen Sachverhalte nicht voll entsprechen. Eine derartige Auffassung würde an dem Verhalten des sogenannten Nucleolus scheitern, der eben kein Nucleolus im gewöhnlichen Sinne ist, da er nicht eine bei der Kerntheilung nebensächliche Masse darstellt sondern als Hauptfaktor in den Vorgang der Kerntheilung der Euglena eingreift. Bei einer gewissen Form der direkten Kerntheilung jedoch, die Schaudinn (35) an Amoeba crystalligera beobachtet hat, hat das Verhalten des Nucleolus eine große Ähnlichkeit mit dem unseres Nucleolo-Centrosoms. Während in der Regel in Kernen mit direkter Theilung die Vermehrung der Nucleolen zeitlich verschieden von der Theilung der Kerne vor sich geht, verläuft bei

Amoeba crystalligera die Durchschnürung des Kerns und des Nucleolus gleichzeitig. Bei der Theilung des Kernes nimmt hier der Nucleolus dieselbe Lage ein wie in unserem Falle das Nucleolo-Centrosom, auch streckt er sich eben so in die Länge wie dieses, so dass Schaudinn ihm eine besondere Bedeutung beilegt. Indem der Autor sagt: »Der als Nucleolus bezeichnete Theil des Kerns scheint bei der Durchschnürung des Kerns die Hauptrolle zu spielen.« giebt er dem Nucleolus der Amoeba crystalligera eine Deutung, die wir für unser Nucleolo-Centrosoma in Anspruch nehmen. Aus der Bemerkung Schaudinn's geht hervor, dass er den fraglichen Nucleolus offenbar für etwas Anderes als einen Nucleolus im gewöhnlichen Sinne hält. Unser Nucleolo-Centrosoma scheint sich demnach mit dem fraglichen Nucleolus der Amoeba crystalligera zu decken. In diesem Falle würde die Verschiedenheit der beiderseitigen Kerntheilungsvorgänge nur auf dem verschiedenen Verhalten der chromatischen Substanz beruhen. Zu einem weitergehenden Vergleich mit der Kerntheilung der Euglena eignet sich, wie auch Blochmann (5) schon erwähnt, die Kerntheilung der Diatomeen, die Lauterborn (29) untersucht hat. Außerhalb des Kernes liegt bei den Diatomeen ein Körper, den Lauterborn »Centrosoma« nennt; zwischen letzterem und dem Kern hat ein zweites, Anfangs etwas kugeliges Gebilde seine Lage, das Lauterborn seines späteren Verhaltens wegen als »Centralspindel« bezeichnet. Über die Herkunft der letzteren ist der Autor, wie aus einem mir gütigst zur Verfügung gestellten Briefe desselben an Herrn Prof. Blochmann hervorgeht, jetzt der Ansicht, dass sie wahrscheinlich dem Centrosom entstammt. Wie eine eingeklammerte, mit einem Ausrufungszeichen versehene Bemerkung verräth, scheint es Lauterborn (29) besonders aufgefallen zu sein, dass die Centralspindel »etwa von der Farbe der Nucleolen ist«, sich also ähnlich färbt wie die Nucleolen. Mit der fortschreitenden Vorbereitung zur Theilung verschwinden die Nucleolen im Kern; die außerhalb des Kernes gelegene Centralspindel nimmt die Gestalt eines niederen Cylinders an, in dessen Inneren eine immer mehr deutlicher werdende Längsstreifung auftritt. An der dem Centrosom zugekehrten Seite der Centralspindel finden sich beiderseits, d. h. an den späteren Polenden dunkel gefärbte Ansammlungen. Die wahre Natur der letzteren sowie das Schicksal des nunmehr verschwindenden Centrosoms konnte Lauterborn vorläufig leider noch nicht aufklären. Nachdem die Segmente des Kernes sich ausgebildet haben, rückt die jetzt mehr in die Länge gestreckte, stabförmige Centralspindel, wie Lauterborn am lebenden Objekt direkt beobachten konnte, durch die Kernmembran in den Kernraum hinein und wächst bald zu ihrer definitiven Größe heran.

Von nun ab zeigt diese Centralspindel eine geradezu auffallende Ähnlichkeit mit dem Nucleolo-Centrosoma von Euglena. Wie dieses orientirt sich die Centralspindel senkrecht zur späteren Theilungsebene des Kernes, auf die Chromosomen wirkt sie genau so ein, wie wir es bei unserem Nucleolo-Centrosoma gesehen haben. Die Chromosomen, die bis zum Eintritt der Centralspindel in den Kern hier regellos zerstreut lagen, sammeln sich jetzt am Äquator in Gestalt eines breiten Ringes an. Lauterborn schreibt über die Vorgänge, welche sich im Kern abspielen: »Im Centrum des Kerns liegt die garbenförmige allseitig scharf kontourirte Centralspindel, deren Fasern (d. h. Längsstreifen) ununterbrochen von Pol zu Pol verlaufen und hier etwas divergiren, während die Chromosomen als dicker Ring den verschmälerten Äquator umschließen.« In Bezug auf Surirella calcarata sagt Lauterborn: »Es mag noch besonders betont werden, dass ich Halbspindeln im Sinne von van Beneden (1) und Boveri (6) nicht mit Sicherheit nachweisen konnte; hier findet sich nur eine Centralspindel, entlang welcher später nach der Theilung die beiden Kernhälften aus einander gleiten.« Im Dyasterstadium umgeben die Tochtersegmente ringförmig die beiden wenig verdickten Pole der Centralspindel. »Interessante Veränderungen gehen mit den beiden Tochterkernen von jetzt ab vor sich, indem nämlich das Loch der beiden Chromosomenringe sich allmählich immer mehr verengt, bis schließlich die terminalen Theile der Centralspindel, also die beiden breiten Pole, förmlich von dem äquatorialen Theile abgeschnürt erscheinen. Diese abgeschnürten Spindelenden runden sich bald ab und liegen schließlich in einer Einsenkung der beiden Tochterkerne; aus ihnen gehen dann die Centrosomen hervor.« Von dem Verbleib des Mittelstückes der Centralspindel nimmt Lauterborn als sehr wahrscheinlich an, dass je eine Hälfte desselben in die beiden Tochtercentrosome eingezogen werden. Um Irrthümern vorzubeugen will ich nochmals hervorheben, dass die sog. Centralspindel hier ein einheitliches Gebilde ist und dass die angeführten Fasern nichts Anderes als Längsstreifen sind.

Da die Natur des von Lauterborn »Centrosoma« genannten Gebildes aus dem wahrscheinlich die Centralspindel hervorgeht, noch nicht aufgeklärt ist, so stößt die Deutung der Centralspindel auf gewisse Schwierigkeiten. Nach meiner Ansicht ist die Benennung Centralspindel und der Vergleich derselben mit der Hermann'schen Centralspindel (19), wie ihn Lauterborn in seiner Arbeit anführt, nicht besonders glücklich. Abgesehen von den noch nicht aufgeklärten dunkel gefärbten Ansammlungen, die Lauterborn an den Polen der Centralspindel feststellen konnte, wäre bei der offenkundig centroso-

matischen Funktion der Centralspindel der Diatomeen ein Vergleich dieser Centralspindel mit der Centralspindel plus Polkörperchen der Salamanderzellen wohl zutreffender gewesen, zumal immerhin eine gewisse Differenzirung (auf die Lauterborn selbst hinweist) der Centralspindel der Diatomeen in Spindelenden und äquatorialen Theil besteht. Dieser Auffassung würde der Hinweis Lauterborn's auf Beziehungen seiner Centralspindel mit den von v. la Valette St. George (31) entdeckten Nebenkernen verschiedener samenbildenden Zellen nicht entgegenstehen, da nach Platner (34) sowohl die achromatische Spindel als auch die Centrosomen aus solchen Nebenkernen hervorgehen.

Auf jeden Fall haben Euglena und die Diatomeen viel Verwandtes in den Vorgängen ihrer Kerntheilung. Das Verhalten der Centralspindel und des Nucleolo-Centrosoms zu den Chromosomen und der letzteren zu den ersteren ist, wie wir gesehen haben, in beiden Fällen in den Hauptpunkten das gleiche. Mit Surirella stimmt Euglena auch damit überein, dass bei der Kerntheilung beider achromatische Fasern mit Sicherheit nicht nachgewiesen sind. Nach der Bemerkung Lauterborn's, dass die Centralspindel sich ähnlich wie Nucleolen färbt, gleicht jene unserem Nucleolo-Centrosoma auch im Verhalten zu Farbstoffen. Mit der aktiven Einwirkung des Nucleolo-Centrosoms auf die Kerntheilung hat die Centralspindel auch die Differenzirung in Polstücke und Mittelstück gemeinsam. Darin, dass die fragliche Centralspindel ohne allen Zweifel eine centrosomatische Aufgabe hat, finde ich eine Bestätigung meiner Auffassung, dass dem Nucleolo-Centrosoma der Euglenen eine gleiche Funktion zuzusprechen ist. Der bestehende Unterschied, dass das Nucleolo-Centrosoma im Gegensatz zur Centralspindel stets im Kern liegt, ist in der That nicht so groß als er auf den ersten Augenblick erscheint, da A. Brauer (7) an Spermatocyten von Ascaris univalens nachgewiesen hat, dass auch hier das Centrosom ursprünglich im Kerne seine Lage hat. Das Verhalten der Centrosomen der Spermatocyten von Ascaris univalens bietet uns auch noch weitere Anhaltspunkte zu einem Vergleich mit unserem Nucleolo-Centrosom. Nach den Untersuchungen Brauer's (7) theilt sich das Centrosom innerhalb des Kernes bei noch vollständig geschlossener und intakter Kernmembran, dazu tritt neben Fasern, welche von den Tochtercentrosomen zu den Chromosomen hinziehen, Anfangs eine der Hermann'schen Centralspindel (19) entsprechende Spindel zwischen den Tochtercentrosomen auf, die später wieder verschwindet. Erst bei weiterem Auseinanderweichen treten die Polkörperchen, nach Auflösung der Kernmembran in das Protoplasma über. Durch die Theilung des Centrosoms innerhalb des

Kernes und die Verbindung der Theilprodukte unter einander ähnelt der Kerntheilungsapparat der Spermatocyten von Ascaris univalens auf einem gewissen Stadium unserem Nucleolo-Centrosoma. Beide nehmen ihren Ursprung aus dem Kern und beide weisen dichtere Polmassen auf, die mit einander verbunden sind. Dieser Vergleich ist immerhin nur ein oberflächlicher, da die Natur der Verbindungsstücke nicht mit einbegriffen werden kann, weil gerade die Herkunft der achromatischen Fasern noch sehr dunkel ist.

In ähnlicher Weise wie bei den Spermatocyten von Ascaris univalens lässt sich das Nucleolo-Centrosoma der Euglenen mit den Polkörperchen und der Centralspindel der Salamanderzellen vergleichen. Bei der besonders durch die Arbeiten von Flemming (15, 16) und Hermann (19) uns aufgedeckten Karyokinese beim Salamander entstehen aus dem hier neben dem Kern gelegenen Centrosom die Polkörperchen, welche während der ganzen Kerntheilung durch die Hermann'sche Centralspindel, deren Fasern von Polkörperchen zu Polkörperchen verlaufen, verbunden sind. Bei einem Vergleich würden die Polstücke den Polkörperchen, das differenzirte Mittelstück des Nucleolo-Centrosoms der Centralspindel an die Seite zu stellen sein, natürlich auch hier mit dem Unterschiede, dass weitere achromatische Fasern, mit denen die Polkörperchen ausgestattet sind, dem Nucleolo-Centrosom fehlen. Im Übrigen glaube ich, wie nach Annahme von Hermann (19) und Drüner (13) durch Wachsthum der Centralspindel bezw. durch Streckung der Spindelfasern die Polkörperchen zum Auseinanderweichen gebracht werden, eine ähnliche Wirkung von der Streckung des Mittelstückes des Nucleolo-Centrosoms auf die Polstücke annehmen zu können.

Ferner haben nach der Darstellung von Karsten (27) die Nucleolen der Sporangien von Psilotum triquetrum eine gewisse Beziehung zu unserem Nucleolo-Centrosom. Nach Karsten treten zur Zeit der Kerntheilung die Nucleolen, deren mehrere in jedem Kerne vorhanden sind, aus dem Kern hervor und verhalten sich vollständig wie Polkörperchen; sie bestimmen die Richtung der Kerntheilung, auch fehlt ihnen eine deutliche Strahlung nicht. Karsten sagt: »Es kann durchaus keinem Zweifel unterliegen, dass unsere von den ins Plasma ausgetretenen Nucleolen sich herleitenden Gebilde mit den von Guignard für die Pflanzenzelle zuerst nachgewiesenen Centrosomen übereinstimmen.« Nach dieser Schilderung sind also bei Psilotum die Nucleolen gleichzeitig auch Centrosomen. Mit diesen Nucleolen, die Karsten übrigens auch Nucleolo-Centrosomen nennt, wären unsere Nucleolo-Centrosomen fast gleichzustellen, da beide Nucleolen gleichen und beide als Kern-

theilungsorgane funktioniren. Der Ausführung Karsten's widerspricht aber Humphrey (24). Humphrey hat mit den gleichen Methoden, die Karsten benutzt hat, die Sporangien von Psilotum nachuntersucht, dabei aber niemals die von Karsten beschriebenen Vorgänge beobachten können. Nach Humphrey schwinden die Nucleolen während der Kerntheilung vollständig, dagegen hat Karsten im Protoplasma Gebilde gefunden, welche mit den sphères directrices Guignard's vollständig übereinstimmen. Humphrey bemerkt: »Es ist klar, dass Karsten durch die zufällig stattfindende Ausstoßung von Nucleolarsubstanz aus dem Kerne irregeleitet worden ist und dass er die echten Centrosphären vollständig übersehen hat.« Nach dieser Darstellung würde die Kerntheilung bei Psilotum allerdings nichts Außergewöhnliches an sich haben. Wenn aber Humphrey an der betreffenden Stelle sagt: »Es ist wahrscheinlich, dass die kinetischen Centren der Zelle streng extranucleäre Körper sind, sowohl in ihrer Abstammung wie in ihrer Thätigkeit,« so dürfte dies etwas zu weit gegangen sein. O. Hertwig (20) hält daran fest, dass die Centrosomen aus dem Kern stammen und Brauer bestätigt durch seine Untersuchung an den Spermatocyten von Ascaris univalens die Annahme Hertwig's. Die Kerntheilung der Diatomeen, wie sie uns Lauterborn schildert, spricht auch dagegen, dass die Thätigkeit der »kinetischen Centren« eine streng extranucleäre sei, da die Centralspindel der Diatomeen, welche von außen durch die Kernmembran hindurch in den Kern eindringt, doch ohne Zweifel auch ein »kinetisches Centrum« darstellt.

Die zur Beurtheilung der Karyokinese von Euglena und speciell zur Aufklärung des Nucleolo-Centrosoms verwendbaren Anknüpfungspunkte sind hiermit der Hauptsache nach erschöpft. Wenn wir uns auch aus dem Verhalten des Nucleolo-Centrosoms selbst und durch Vergleich mit einigen in ihrem Verhalten zur Kerntheilung ähnlichen Gebilden eine gewisse Vorstellung von der Funktion und Bedeutung des Nucleolo-Centrosoms machen können, so stehen doch die bisher bekannten Formen der Kerntheilung noch zu unvermittelt der Karyokinese von Euglena gegenüber, als dass man jetzt schon im Stande wäre, über die Beziehungen des Nucleolo-Centrosoms zum Nucleolus und zum Centrosom ein abschließendes Urtheil zu geben. Ob gar die Vermuthung O. Hertwig's (20), dass das Centrosom vom Nucleolus abzuleiten sei, in dem Verhalten des Nucleolo-Centrosoms der Euglena eine Stütze findet, ist eine Frage, die ich nicht weiter berühren will. Die weitere Forschung auf dem großen Gebiete der einzelligen Organismen kann hier nur Aufklärung schaffen.

Anhang.

Ich habe noch einige Bemerkungen hinzuzufügen über Strukturverhältnisse des Kerns von Euglena, die pathologischer Natur sind, welche bisher aber eine andere Deutung erfahren haben.

Bütschli (10, p. 744) schreibt über die Kernstruktur der Flagellaten Folgendes: »Gewöhnlich zeigt die helle Kernsaftzone der bläschenförmigen Nuclei auch bei Behandlung mit Reagentien nichts von feineren Strukturverhältnissen. Die einzige Ausnahme bildet bis jetzt Monas vivipara. Hier sah ich den Nucleolus von einer etwas knotigen und wahrscheinlich netzigen Hülle umschlossen, von welcher feine Fädchen zur Kernhülle ausstrahlen. Eine Weiterbildung dieses Zustandes mit rudimentärem Kernnetz stellen wohl gewisse Kernbildungen dar, welche unter den Euglenoidinen sehr verbreitet sind und die sich dem Hauptkerne mancher Ciliaten anreihen. Der Charakter dieser Kerne, welche gewöhnlich eine mehr ovale Gestalt besitzen, besteht darin, dass der Nucleolus im Verhältnis zu dem gesammten Kernvolumen relativ viel kleiner ist, ferner namentlich darin, dass zwischen ihm und der Kernhülle nach Anwendung von Gerinnungsmitteln eine meist sehr fein granulirte, seltener etwas grobkörnigere und gut tingirbare Substanz auftritt. Klebs gelang es, eine verschlungen fadige oder netzige Struktur dieser Gerüstsubstanz der Euglena nachzuweisen. Als seltener Fall ist schließlich noch zu erwähnen, dass Klebs bei Euglena sanguinea im Kern vier bis fünf dichtere, nucleolusartige Massen beobachtete. Wie gesagt, ist es sehr wahrscheinlich, dass die soeben geschilderten Kernformen nur weitere Entwicklungszustände der gewöhnlichen bläschenförmigen Kerne sind. Dies scheint namentlich auch daraus hervorzugehen, dass bei gewissen Formen zuweilen Kerne der ersten, zuweilen solche der zweiten Art angetroffen werden. Auch Anisonema grande zeigt vielleicht einen solchen Wechsel, da ihr Stein einen deutlich bläschenförmigen Kern zeichnet, wogegen ich einen granulirten nucleolusfreien beobachtete. Es scheint nämlich sicher, dass schließlich noch bei manchen Formen Kerne vorkommen, welchen ein Nucleolus ganz fehlt und deren Substanz durchaus von der geschilderten granulirten bezw. netzigen Maße gebildet wird. So fand ich wenigstens die Kerne gewöhnlich bei Phacus und Anisonema, Klebs neuestens bei Euglena Ehrenbergii. Auch die interessante Oxyrrhis besitzt nach den Untersuchungen Blochmann's einen derartigen Nucleus.«

Nach meinen Beobachtungen an Euglena viridis Ehrenberg gelange

ich zu einer von der Auffassung Bütschli's ganz abweichenden Anschauung über die Bedeutung der von Klebs an Euglena beobachteten Kernstrukturen.

Wie oben geschildert sind bei Euglena viridis nach geeigneter Fixirung und Färbung etwa mit Hämatoxylin und Orange, im Kerne deutlich zahlreiche Chromosomen und der sog. Nucleolus, den ich Nucleolo-Centrosoma nenne, zu erkennen. Unter gewissen Umständen zeigt der Kern aber ein ganz anderes Bild, das mit den von Bütschli mitgetheilten Verhältnissen übereinstimmt. Der Kern ist dann mehr körnig oder netzartig, enthält mehrere nucleolusartige Massen oder nichts von einem sog. Nucleolus. Diese Veränderungen des Kerns habe ich bei Euglena regelmäßig auftreten sehen, wenn die Organismen sich längere Zeit in meinen Vorrathsgläsern befunden hatten und im Absterben begriffen waren; es handelt sich demnach um Erscheinungen pathologischer, regressiver Natur. Ich habe die verschiedensten Stadien beobachtet, welche die fortschreitende Auflösung der Chromosomen und des Nucleolus erkennen lassen. Die Kerne, in welchen derartige Veränderungen vor sich gehen, sind von kugeliger Gestalt und meist bedeutend größer als normale. Bütschli (12) hat wahrscheinlich diese pathologisch veränderten Kerne schon gesehen, da er erwähnt, dass er mehrfach Euglenen beobachtet habe, deren Kern durch irgend welche Umstände stark aufgequollen war. In Fig. 19 sind die Chromosomen zum Theil aufgelöst, andere oder Reste solcher liegen an der Peripherie des Kernes, während im Inneren gekörnte Maschen bemerkbar sind. Das Nucleolo-Centrosoma ist noch erhalten, liegt aber in der Nähe der Kernmembran. Fig. 20 zeigt im Kernraum ein sphärisches Maschenwerk; die Chromosomen sind alle verschwunden, das Nucleolo-Centrosom weist eine starke Einschnürung auf. In Fig. 21 ist das Nucleolo-Centrosom bedeutend kleiner geworden, das Maschenwerk des Kernes zeigt in den Knotenpunkten größere Ansammlungen von Substanz, die vielleicht identisch sind mit den dichteren, nucleolusartigen Massen, die Klebs von Euglena sanguinea beschreibt. Die Frage, ob diese Massen vom Nucleolo-Centrosom herstammen oder chromatischer Natur sind, lasse ich offen. Die Kerne, welche auch das Nucleolo-Centrosom verloren haben, enthalten im Inneren ein weitmaschiges Wabenwerk, dessen Knotenpunkte deutlicher hervortreten. Dass es sich um ein Wabenwerk und nicht um eine Gitterkugel handelt, geht daraus hervor, weil die entsprechend veränderten Kerne auf der Schnittfläche stets ein flächenartig ausgebreitetes Netz zeigen; würde es sich um Hohlkugeln handeln, so müsste man gelegentlich auch kreisförmige Zeichnungen in den vom Schnitt getroffenen Kernen beobachten, was aber nie der Fall ist. Das Maschenwerk der verän-

derten Kerne färbt sich, wenn auch nicht besonders gut, mit den gewöhnlichen Kerntinktionsmitteln.

Es dürfte wohl wahrscheinlich sein, dass es sich in den von Bütschli angeführten Fällen, in welchen die Kerne ein so wechselndes Bild bieten, um eine ähnliche Destruktion des Kerns handelt, wie ich sie bei Euglena beobachten konnte.

Neuss am Rhein, im April 1895.

Litteraturverzeichnis.

1. van Beneden et Neyt Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique chez l'ascaride mégalocephale. Bull. Ac. R. Belg. T. XIV. Nr. 8. 1887.
2. H. Blanc, Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles. 3. Sér. Vol. XXIX. Lausanne 1893.
3. Blochmann, Bemerkungen über einige Flagellaten. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XL. 1884.
4. Derselbe, Kleine Mittheilungen über Protozoen. Biol. Centralbl. Bd. XIV. Nr. 3. 1894.
5. Derselbe, Über die Kerntheilung bei Euglena. Biol. Centralbl. Bd. XIV. Nr. 5. 1894.
6. Boveri, Zellstudien. 1887—1890.
7. Brauer, Zur Kenntnis der Spermatogenese von Ascaris megalocephala. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLII. 1893.
8. Derselbe, Über die Encystirung von Actinosphaerium Eichhorni. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. LVIII, 2. Heft. 1894.
9. Bütschli, Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und der Konjugation der Infusorien. Abhandl. d. Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft. Bd. X. 1876.
10. Derselbe, Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreiches. I. Bd. Protozoa, 2. Abth. Mastigophora.
11. Derselbe, Ebenda. 3. Abth. Infusorien.
12. Derselbe, Über den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig 1890.
13. Drüner, Zur Morphologie der Centralspindel. Jen. Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. XXVIII, 4. Heft.
14. Fisch, Untersuchungen über einige Flagellaten und verwandte Organismen. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XLII. 1885.
15. Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. 1882.
16. Derselbe, Neue Beiträge zur Kenntnis der Zelle. Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. XXXIII. 1891.
17. M. Heidenhain, Über Kern und Protoplasma. Festschr. für A. v. Kölliker. 1892.
18. Derselbe, Untersuchung über die Centralkörper und ihre Beziehung zum Kern und Zellprotoplasma. Archiv f. mikr. Anat., Bd. XLIII. 1894.

19. Hermann, Beitrag zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXVII. 1891.
20. O. Hertwig, Die Zelle und die Gewebe. 1892.
21. R. Hertwig, Über den Bau und die Entwicklung der Spirochona gemmipara. Jen. Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. XI. 1877.
22. Derselbe, Über die Kerntheilung bei Actinosphaerium Eichhorni. Jen. Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. XVII. 1884.
23. Derselbe, Über die Konjugation der Infusorien. Abhandl. der kgl. Bayer. Akad. der Wissensch. II. Kl. Bd. XVII. Abth. 1. 1889.
24. Humphrey, Nucleolen und Centrosomen. Vorläuf. Mittheilung. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XII, 5. Heft. 1894.
25. Ishikawa, Über die Kerntheilung bei Noctiluca miliaris. Vorl. Mitth. Ber. der naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg. Bd. VIII. 1894.
26. Derselbe, Studies of Reproductive Elements. Nuctiluca miliaris; its Division and Spore-formation. Journal of the College of Science, Imperial University, Japan. Vol. VI, Pt. IV. 1894.
27. Karsten, Über Beziehungen der Nucleolen zu den Centrosomen bei Psilotum triquetrum. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XI, 10. Heft. 1893.
28. Klebs, Über die Organisation einiger Flagellaten-Gruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Untersuch. aus d. botan. Institut zu Tübingen. Bd. I, 2. Heft. 1883.
29. Lauterborn, Über Bau und Kerntheilung der Diatomeen. Vorl. Mitth. Verhandl. des naturhist.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. V, 2. Heft. 1893.
30. Derselbe, Zool. Centralblatt. 1. Jahrg. Nr. 15. 1894. Protozoa.
31. v. la Valette St. George, Spermatologische Beiträge. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXVIII.
32. Maupas, Le rajeunissement karyogamique chez les ciliés. Arch de Zool. expér. et général. 2. Série. Tome VII. 1889.
33. Pfitzner, Zur Kenntnis der Kerntheilung bei den Protozoen. Morphol. Jahrb. Bd. XI. 1885.
34. Platner, Beiträge zur Kenntnis der Zelle und ihrer Theilungserscheinungen. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXIII.
35. Schaudinn, Über Kerntheilung mit nachfolgender Körpertheilung bei Amoeba crystalligera. Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Phys.-math. Klasse. Bd. XXXVIII. 1894.
36. Schewiakoff, Über die karyokinetische Kerntheilung bei Euglypha alveolata. Morphol. Jahrb. Bd. XIII.
37. Zacharias, Indirekte Kerntheilung bei Ceratium hirundinella. Forschungsber. aus der biolog. Station Plön. 1894.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

Sämmtliche Abbildungen sind von Euglena viridis Ehrenberg, und zwar mit Ausnahme von Fig. 15—18 nach Schnittpräparaten angefertigt. Die Vergrößerung beträgt, wenn nicht besonders angegeben, ca. 1200 : 1.

Fig. 1. Frei bewegliches Individuum. Geißel abgeworfen. Kern im Ruhezustande. Vergr. ca. 800 : 1. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 2. Individuum und Kern im Ruhezustande. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 3. Das gestreckte Nucleolo-Centrosom nimmt den ganzen Durchmesser des Kerns ein; Polenden des Nucleolo-Centrosoms wenig verdickt. Chromosomen im spitzen Winkel zum Nucleolo-Centrosom geneigt. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate mit Bordeauxvorfärbung.

Fig. 4. Nucleolo-Centrosom gestreckt. Chromosomen parallel dem Nucleolo-Centrosom. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 5. Differenzirung des Nucleolo-Centrosoms in die beiden Polstücke und das dünnere Mittelstück. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate mit Bordeauxvorfärbung.

Fig. 6. Chromosomen bilden einen äquatorialen Ring um das Nucleolo-Centrosom. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 7. Kern oberflächlich angeschnitten. Mehrere Chromosomen mit Längsspaltung. Rechts unten ziehen vier sehr feine Fäserchen von der Kernmembran nach den Chromosomen hin. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 8. Nucleolo-Centrosom mit Vacuolen in den beiden Polstücken. Chromosomen theilweise Schleifen bildend. Stadium der Umordnung der Chromosomen. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 9. Streckung des Nucleolo-Centrosoms. Auseinanderweichen der Chromosomen. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 10. Mittelstück des Nucleolo-Centrosoms stark ausgezogen. Zwischen den aus einander gewichenen Chromosomen eine schmale äquatoriale Zone frei. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 11. Chromosomen sammeln sich um die Polstücke des Nucleolo-Centrosoms, dessen Mittelstück als feinste Linie noch eben sichtbar ist. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 12. Ruhendes Individuum mit zwei Tochterkernen. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 13. Zwei Tochterindividuen von einer feinen gemeinsamen Hülle umgeben. Nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 14. Kern im Zustande der Ruhe. Vom Nucleolo-Centrosoma gehen drei feine Fädchen aus. Nach einem Eisenalaun-Hämatoxylinpräparate.

Fig. 15—18. Optische Durchschnitte von unzertheilten Euglenen. Kern im Zustande der Ruhe. Färbung mit Pikrokarmin zur Darstellung der im Protoplasma gelegenen, mit einem Hofe umgebenen Körnchen. Fig. 17 zwei Körnchen von einem gemeinsamen Hofe umgeben.

Fig. 19—21. Pathologisch veränderte Kerne mit beginnender bezw. vollständiger Auflösung der Chromosomen und Destruktion des Nucleolo-Centrosoms. Fig. 19 nach einem Orange-Hämatoxylinpräparate. Fig. 20 und 21 nach Bordeaux-Eisenalaun-Hämatoxylinpräparaten.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 4.

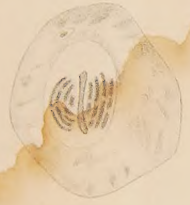

Fig. 5.

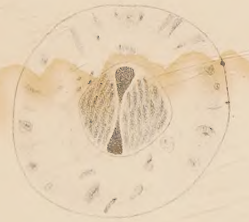

Fig. 6.

Fig. 14.

Fig. 15.

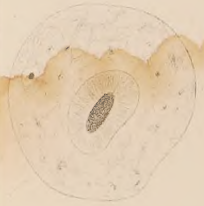

Fig. 16.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 20.

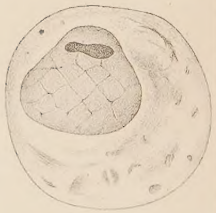

Fig. 21.